



(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 1 142 536 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
10.10.2001 Patentblatt 2001/41

(51) Int Cl. 7: A61B 19/00

(21) Anmeldenummer: 00107088.7

(22) Anmeldetag: 05.04.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: BrainLAB AG
85551 Kirchheim/Heimstetten (DE)

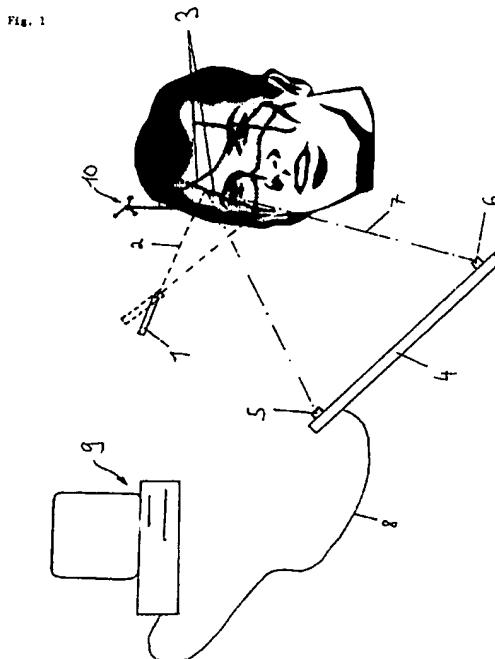
(72) Erfinder: Vilsmeyer, Stefan
6330 Kufstein (AT)
(74) Vertreter: Rögner, Jürgen
Patentanwälte Schwabe Sandmair Marx,
Stuntzstrasse 16
81677 München (DE)

(54) Referenzierung eines Patienten in einem medizinischen Navigationssystem mittels aufgestrahlter Lichtpunkte

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Referenzierung eines Patienten bzw. eines Körperteils eines Patienten in einem kameragestützten, medizinischen Navigationssystem mit den folgenden Schritten:

- das zu referenzierende Körperteil des Patienten wird in den Erfassungsbereich eines durch mindestens zwei Kameras (5, 6) unterstützten Navigationssystems gebracht, welches computergestützt die dreidimensionalen Raumpositionen von Lichtmarkierungen (3) erfasst,
- mittels eines Lichtstrahles (2) werden auf der Oberfläche des zu referenzierenden Körperteils Lichtmarkierungen (3) erzeugt, deren dreidimensionale Position von dem kameragestützten Navigationssystem bestimmt wird,
- mittels der Positionsdaten für die Lichtmarkierungen (3) wird die Raumlage der Oberfläche des zu referenzierenden Körperteils bestimmt.

Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Referenzierung bzw. Registrierung eines Patienten bzw. eines Körperteils eines Patienten in einem kameragestützten medizinischen Navigationssystem.

[0002] Chirurgische Eingriffe oder Bestrahlungsbehandlungen werden in heutiger Zeit immer öfter mit Hilfe sogenannter Navigations- oder Trackingsysteme durchgeführt. Hierbei werden Patientendaten, die mit einem bildgebenden Verfahren ermittelt wurden, beispielsweise einer Computer- oder Kernspintomographie, dazu verwendet, dem behandelnden Arzt mittels einer Bildschirmausgabe aufzuzeigen, wo sich sein Behandlungswerkzeug momentan befindet. Ein Anwendungsfall besteht beispielsweise darin, die Position der Spitze eines Instrumentes im Inneren eines zu behandelnden Körperteils aufzuzeigen, um dadurch äußerst exakt an den zu behandelnden Stellen operieren zu können.

[0003] Damit eine solches Navigationssystem funktionieren kann, muss die momentane Lage des Patienten bzw. des zu behandelnden Körperteils vor Ort bei der Behandlung bekannt sein. Diese aktuellen Positionsdaten können dann den Daten aus dem bildgebenden Verfahren, beispielsweise den Daten aus einer gewisse Zeit vor der Behandlung erstellten Computertomographie, zugeordnet werden. Nach dieser Zuordnung kann dann die bildunterstützte Behandlung beginnen.

[0004] Gemäß dem Stand der Technik wird die vorgenannte Zuordnung mit Hilfe von Markierungen, dass heißt mit Hilfe von künstlichen oder natürlichen Landmarken am Patienten realisiert. So schlägt beispielsweise das deutsche Patent Nr. 196 39 615 vor, dem Patienten vor einer Tomographieerfassung künstliche Marker auf die Haut aufzukleben, wobei dabei solche Marker verwendet werden, die im Tomographiebild sichtbar sind. Nach der Tomographie wird der Patient in den Operationssaal gebracht. Bei Beginn der Behandlung erfolgt dann die Referenzierung des Patienten bzw. seines Körperteils dadurch, dass die an ihm angebrachten Marker mit einem im Navigationssystem verfolgbaren Zeigewerkzeug angefahren werden, um dem unterstützenden Computersystem ihre aktuelle Position bekannt zu machen. Wenn die Position der Marker bekannt ist, kann computerunterstützt nunmehr auch die Position aller anderen Punkte aus dem Tomographiedatensatz in der aktuellen Lage des Patienten ermittelt werden, und die navigationsunterstützte Behandlung kann beginnen.

[0005] Die Verwendung solcher von außen aufgebrachter Marker auf der Hautoberfläche birgt aber einige Nachteile. Zunächst einmal ist die Hautoberfläche leicht verschiebbar und solche Verschiebungen sorgen für Ungenauigkeiten bei der Referenzierung. Insbesondere beim Anfahren der Marker mit dem Zeigewerkzeug können sich leicht Hautverschiebungen einstellen.

[0006] Es können aber nicht allzu viele künstliche Marker aufgesetzt werden, um solche Ungenauigkeiten zu kompensieren, da dies die Referenzierung unnötig verlängern werden. Invasive Lösungen, die Marker beispielsweise an der Knochensubstanz unter der Haut festlegen, sind für Patienten sehr unangenehm, während natürliche Landmarken wie zum Beispiel die Nasenwurzel, oftmals nicht sehr positionsgenau referenziert werden können.

[0007] Ein weiterer Nachteil der oben genannten Methode zeigt sich vor allem dann, wenn die Behandlung nicht unmittelbar nach der Tomographie durchgeführt wird. So können sich beispielsweise über Nacht einige der Marker lösen, was zu größeren Schwierigkeiten bei der Referenzierung führen kann. Ein besonders nachteiliger Fall tritt dann auf, wenn die gelösten Markierungen von dem Patienten selbst wieder an einer anderen Stelle aufgebracht werden; dies kann sogar zu Fehlbehandlungen führen.

[0008] Ein weiteres Navigationssystem, das auf der Bereitstellung von Referenzmarkern beruht ist aus der US-A-5,383,454 bekannt. Dabei werden aktiv abstrahlende, separat bereitgestellte Marker verwendet, was ebenfalls zu den oben aufgeführten Nachteilen führt.

[0009] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Referenzierung eines Patienten bzw. eines Körperteils eines Patienten in einem kameragestützten, medizinischen Navigationssystem bereitzustellen, welche die Nachteile überwindet, die oben hinsichtlich des Standes der Technik aufgezeigt wurden. Insbesondere soll eine exakte und störungsunfähige Referenzierung ermöglicht werden, die in einfacher Weise durchgeführt werden kann.

[0010] Diese Aufgabe wird erfahrungsgemäß durch ein Verfahren zur Referenzierung bzw. Registrierung eines Patienten bzw. eines Körperteils eines Patienten in einem kameragestützten, medizinischen Navigationssystem mit den folgenden Schritten gelöst:

[0011] - das zu referenzierende Körperteil des Patienten wird in den Erfassungsbereich eines durch mindestens zwei Kameras unterstützten Navigationssystems gebracht, welches computergestützt die dreidimensionalen Raumpositionen von Lichtmarkierungen erfasst,

[0012] - mittels eines Lichtstrahles werden auf der Oberfläche des zu referenzierenden Körperteils Lichtmarkierungen erzeugt, deren dreidimensionale Position von dem kameragestützten Navigationssystem bestimmt wird, und

[0013] - mittels der Positionsdaten für die Lichtmarkierungen wird die Raumlage der Oberfläche des zu referenzierenden Körperteils bestimmt.

[0014] Mit anderen Worten geht die vorliegende Erfindung davon ab, separate Markierungen an der Oberfläche des Patientenkörperteils anzubringen, sondern erzeugt diese Markierungen einfach durch das Auf-

strahlen von Licht auf die Oberfläche (Hautoberfläche, Knochenoberfläche). Durch die Bestrahlung mit Licht wird auf der Oberfläche ein Lichtpunkt erzeugt, der für die Kameras ebenso sichtbar ist, wie die Abstrahlung einer Markierung. Fährt man nun mit diesem Lichtstrahl die Oberfläche ab, so werden praktisch eine Vielzahl von Lichtmarkierungen erzeugt, und die Zusammensetzung dieser jeweils als dreidimensionale Lichtpunkte im Raum bekannten Lichtmarkierungen ergibt eine der Oberfläche des zu behandelnden Körperteils zugeordnete Punktemenge oder Punktewolke. Theoretisch genügt die Erfassung von drei Punkten; stabiler wird das Verfahren durch die Erzeugung von mehr Punkten. Mit einer ausreichenden Anzahl dieser Punkte erhält man genügend Informationen, um die Oberfläche sehr genau räumlich zuordnen zu können. Versuche haben ergeben, dass schon eine geringe Anzahl (etwa 20) auf diese Weise erzeugter Lichtmarkierungen genügen, um die Raumlage des Körperteils mit guter Genauigkeit feststellen zu können.

[0012] Generell gilt, dass solche Patientenbereiche mit dem Lichtstrahl angestrahlt werden, welche sich in dieser Form im entsprechenden Datensatz des Patienten wiederfinden lassen. Damit ist die Referenzierung bzw. Registrierung auch dann möglich, wenn Patienten ohne jegliche Zusatzeile durch ein bildgebendes Verfahren gescannt werden und dann bei der Referenzierung bzw. der Registrierung schon solche Zusatzeile (z. B. Schläuche in Mund und Nase) aufweisen.

[0013] Der Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt darin, dass neben der erreichbaren großen Genauigkeit insbesondere darin, dass alle Probleme, welche mit separat angebrachten Markern entstehen, überwunden werden. Die Referenzierung leidet nicht mehr unter möglicherweise versetzten, verschobenen oder entfernten Markern. Die erfindungsgemäße Referenzierung bringt praktisch keinerlei unangenehme Nebeneffekte für den Patienten mit sich, wie etwa Störungen durch aufgeklebte oder gar invasiv befestigte Marker. Einzelne falsche Lichtmarkierungen bzw. Reflexe, z. B. "Ausreißer" wie an anderen als der gewünschten Oberfläche reflektierte Strahlen, können ohne weiteres rechnerisch berichtigt werden.

[0014] Ein weiterer großer Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt darin, dass, weil keine separaten Markierungen angebracht werden müssen, die Behandlung in großem Umfang zeitlich von der Tomographieerfassung entkoppelt werden kann. Da sich die Hautoberfläche des Patienten über längere Zeit nicht wesentlich ändert, ist es somit möglich, den Patienten auch einige Tage nach der Tomographieerfassung noch exakt zu referenzieren, und es ist dabei nicht notwendig, dass der Patient über diese lange Zeitspanne Markierungen an der Hautoberfläche behält.

[0015] Weiterhin vorteilhaft wirkt sich die Erfindung schon bei der Scan-Erfassung des Patienten aus. Bis her werden spezielle Scans (Navigationsscans) durchgeführt, d. h. Scans, die CT- oder MR-sichtbare Marker

enthalten. Die Erfindung ermöglicht es nun, da Scans ohne Marker durchgeführt werden, zum Einen die Scans zeitlich von der Operation zu entkoppeln, aber zum Anderen auch beliebige Scans zu Navigationszwecken zu benutzen. Stellt also ein Arzt vor der Operation fest, dass ein weiterer, bereits vor einigen Wochen durchgeföhrter CT-Scan während der Navigation hilfreich wäre, so kann er diesen problemlos auch während der Navigation verwenden, da es nicht erforderlich

ist, dass Marker in einem solchen Scan abgebildet sind. [0016] Ferner ist insbesondere die Tatsache vorteilhaft, dass ein bereits vorhandenes Kamerasystem durch die erfindungsgemäße Technologie genutzt werden kann, d. h. es werden keine Zusatzgeräte, wie z. B. Laserscanner benötigt. Gegenüber herkömmlichen Verfahren, bei denen das Erfassen bzw. Registrieren von Punkten mit einem Navigationspointer geschieht (d. h. die Knochenoberfläche wird mit einer Pointerspitze abgetastet, die jeweiligen 3D-Koordinaten der Punkte werden gespeichert und diese Punktewolke wird dann zu der aus den CT-Daten gewonnenen Oberflächen mathematisch in Deckung gebracht), gestaltet das vorliegende erfindungsgemäße Verfahren eine höhere Genauigkeit und schnellere Erfassung.

[0017] Die erfindungsgemäße Referenzierung kann für sämtliche Behandlungen verwendet werden, die eine Feststellung der aktuellen Raumlage eines Patientenkörperteils erfordern. Insbesondere eignet sich die Erfindung aber für Verfahren, bei denen die Raumlage der Oberfläche einem zuvor mit einem bildgebenden Verfahren erstellten Bilddatensatz für das Körperteil, insbesondere in einem CT, MRI(Kernspintomographie)-, PET-, SPECT-, Röntgen- oder Ultraschallscandatensatz, zugeordnet wird, um die Bilddaten dieses Datensatzes aktuell zu referenzieren.

[0018] Grundsätzlich ist es für die Funktion des erfindungsgemäßen Verfahrens vorteilhaft, wenn auf der Oberfläche des Patientenkörperteils ein gut unterscheidbarer Lichtpunkt als Lichtmarkierung erzeugt wird. Der Strahl sollte deshalb möglichst an seinem Auftreffort gut gebündelt sein. Von besonderem Vorteil erweist sich hier die Verwendung eines Lichtstrahles aus unsichtbarem Licht, da sich der damit erzeugte Lichtpunkt sehr gut von den Lichtreflexen unterscheiden lässt, die durch die sonstige Raumbeleuchtung auf dem Patientenkörperteil erzeugt werden. Von Vorteil ist dabei die Verwendung eines Infrarot-Lichtstrahles, wobei die Kameras dann auf die Erfassung von Reflexionen für dieses Licht eingestellt sind. Sehr gut abgegrenzte und gebündelte Lichtmarkierungen lassen sich durch die Verwendung von Laserlicht erhalten.

[0019] Wenn, wie oben vorgeschlagen, unsichtbares Licht verwendet wird, um die Lichtmarkierungen zu erzeugen, ist es grundsätzlich schwierig festzustellen, wo der Lichtstrahl gerade aufgestrahlt wird. Um dieses Problem zu lösen wird das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhafterweise so durchgeführt, dass durch einen zweiten Lichtstrahl aus sichtbarem Licht, der im We-

sentlichen auf denselben Zielbereich gerichtet ist, wie der unsichtbare Referenzierungslightstrahl, eine sichtbare Lichtreflexion auf der Oberfläche erzeugt wird. Mit Hilfe dieses zweiten Lightstrahles lässt sich nun sehr gut erkennen, wo der unsichtbare Referenzierungslightstrahl gerade auftrifft. Auch dieser zweite Lightstrahl kann ein Laserlightstrahl sein. Einen weiteren Vorteil bietet die gerade genannte Ausführungsform auch hinsichtlich der Vermeldung von Gefahren. Wie schon oben erwähnt, ist es wegen der Möglichkeit, scharf umrissene Lightmarkierungen zu erzeugen, von Vorteil, wenn ein unsichtbarer Laserlightstrahl als Referenzierungslightstrahl verwendet wird. Da das menschliche Auge diesen Lightstrahl nicht sehen kann und versehentliche Einstrahlung in das geöffnete Auge keinen Lidschlussreflex erzeugt, können hier Verletzungen hervorgerufen werden, wie z. B. Netzhautverbrennungen. Verwendet man nun, wie gemäß der bevorzugten Ausführungsform vorgeschlagen, einen zweiten Lightstrahl mit sichtbarem Licht, kann dieser einerseits als Zielhilfe dienen, wobei empfindliche Bereiche (z. B. die Augen) von der Bestrahlung ausgenommen werden. Andererseits bewirkt dieses sichtbare Licht beim Eindringen in das Auge den Lidschlussreflex, so dass Hornhautverbrennungen vermieden werden.

[0020] Es gibt grundsätzlich mehrere Möglichkeiten, die beiden Lightstrahlen zu erzeugen. So können hierzu beispielsweise zwei nebeneinanderliegende Lightquellen oder zwei ineinanderliegende Lightquellen verwendet werden. Natürlich besteht auch die Möglichkeit, eine einzige Lightquelle einzusetzen, die sowohl sichtbares als auch unsichtbares Licht strahlt.

[0021] Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden mit dem Referenzierungslightstrahl auf der Oberfläche nacheinander mehrere Lightmarkierungen (Punkte) erzeugt, während laufend die Position der erzeugten Lightmarkierungen erfasst wird, und zwar insbesondere so lange bis eine ausreichende Anzahl von Positionsdaten zur Bestimmung der Raumlage aufgenommen wurde. Es besteht hierbei noch die Möglichkeit, den unterstützenden Computer während der Referenzierung mittels eines Matching-Verfahrens laufend prüfen zu lassen, ob er schon genügend Lightmarkierungen für die Zuordnung der referenzierten Punktmenge zur Oberfläche aus dem Bilddatensatz (z. B. Tomographie) zur Verfügung hat. Falls dann zu einem bestimmten Zeitpunkt genügend Daten zur Verfügung stehen, kann ein optisches oder akustisches Signal ausgegeben werden, welches anzeigen, dass die Referenzierung erfolgreich war.

[0022] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das zu referenzierende Körperteil während der Referenzierung so bewegt, dass Kameraschatten eliminiert werden, wobei die Bewegung des Körperteils mittels einer positionsfest gegenüber dem Körperteil angeordneten Markierungsanordnung im Navigationssystem verfolgt wird. Da die Kameras meist fest installiert sind, würden sich

insbesondere bei der Referenzierung im Gesicht in bestimmten Lagen Punkte ergeben, die im Kameraschatten liegen, also beispielsweise hinter einem Nasenflügel. Wenn man auch diese Punkte mit Lightmarkierungen bestrahlt und diese Markierungen erfassen möchte, ist es deshalb vorteilhaft, den Patienten zu bewegen. Damit diese Bewegung die Erfassung nicht verfälscht, muss sie im Navigationssystem verfolgt werden, und dies geschieht mit der genannten Markierungsanordnung, also beispielsweise über einen dreiarmigen Mayfield-Referenzadapter mit einer bekannten Markeranordnung.

[0023] Erfindungsgemäß wird ferner eine Vorrichtung zur Referenzierung bzw. Registrierung eines Patienten 15 bzw. eines Körperteils eines Patienten bereitgestellt, mit einem durch mindestens zwei Kameras unterstützten medizinischen Navigationssystem, welches computer-gestützt die dreidimensionalen Raumpositionen von Lightmarkierungen in einem Erfassungsbereich erfasst, 20 und mit einem Mittel zur Erzeugung von Lightmarkierungen auf der Oberfläche des zu referenzierenden Körperteils, deren dreidimensionale Raumposition von dem kameragestützten Navigationssystem bestimmt wird, wobei das Mittel zur Erzeugung der Lightmarkierungen 25 ein Lightstrahler ist, der als Lightmarkierungen Lightreflexionen auf der Oberfläche erzeugt. Der Lightstrahler kann ein Strahler für unsichtbares Licht, insbesondere Infrarot-Licht sein, wobei die Kameras auf die Erfassung von Reflexionen dieses Lichtes eingestellt sind. Ferner 30 kann der Lightstrahler ein Laserlightstrahler sein.

[0024] Bevorzugt strahlt der Lightstrahler einen zweiten Lightstrahl aus sichtbarem Licht ab, der im Wesentlichen auf denselben Zielbereich gerichtet ist, wie der unsichtbare Referenzierungslightstrahl, wobei zusätzlich 35 eine sichtbare Lightreflexion auf der Oberfläche erzeugt wird. Auch dieser zweite Lightstrahler kann sichtbares Laserlicht abstrahlen. Dabei können die Lightquellen für die Lightstrahlen in einer einzigen Lightquelle vereint sein, zwei nebeneinanderliegende oder zwei in-einanderliegende Lightquellen sein.

[0025] Vorteilhafterweise umfasst die Vorrichtung noch eine positionsfest gegenüber dem Körperteil angeordnete Markierungsanordnung, mittels der das zu referenzierende Körperteil während einer Bewegung 45 bei der Referenzierung zur Eliminierung von Kameraschatten verfolgt wird.

[0026] Umgekehrt kann natürlich auch eine Kamera-bewegung verfolgt werden. In den meisten Fällen ist es vorteilhaft, wenn das zu behandelnde Patientenkörper- 50 teil während der Behandlung und auch schon während der Referenzierung bzw. Registrierung ruhig fixiert bleibt. In diesem Fall können Kameraschatten vermieden werden, indem die Kameras selbst in ihrer Position verändert werden. Da die Markierungsanordnung aus verschiedenen Kamerawinkeln andere Bilder liefert, kann auch in diesem Fall die Relativbewegung zwischen Kameras und dem Körperteil verfolgt und bei der Referenzierung berücksichtigt werden.

[0027] Die mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu erzielenden Vorteile sind diejenigen, wie sie oben hinsichtlich des Verfahrens gemäß der Erfindung erörtert wurden.

[0028] Die Erfindung wird im Weiteren anhand einer Ausführungsform näher erläutert. Hierzu zeigt die einzige beiliegende Figur schematisch die Verwendung einer erfindungsgemäßen Referenzierungsvorrichtung, mittels welcher die Lage eines Patienten bzw. eines Patientenkörperteils referenziert bzw. registriert wird.

[0029] In der Figur ist von dem kameraunterstützten Navigationssystem schematisch der Computer mit Bildschirmausgabe dargestellt und insgesamt mit 9 bezeichnet. Dieser Computer ist über die Kabelverbindung 8 mit dem Kameraträger 4 verbunden, an dem im Abstand zwei Infrarot-Kameras 5 und 6 angebracht sind, welche das Behandlungsgebiet überwachen.

[0030] Referenziert bzw. registriert werden soll die Lage des dargestellten menschlichen Kopfes. Hierzu dient der Lichtstrahler 1, der einen Infrarot-Laserlichtstrahl 2 abstrahlt, und zwar auf die Gesichtsoberfläche des Patienten. Der Lichtstrahler 1 ist nochmals gestrichelt in einer zweiten Position dargestellt, um darzustellen, dass er während der Referenzierung laufend verschwenkt wird.

[0031] Mit dem Referenzierungslightstrahl 2 wird nunmehr die Gesichtsoberfläche abgefahrene, wodurch hintereinander angeordnete Lichtreflexionen bzw. -punkte 3 auf der Oberfläche erzeugt werden. Es sind in der Zeichnung exemplarisch nur einige solcher Lichtmarkierungen dargestellt, und zwar durch in einer Linie aneinandergereihte Lichtpunkte. Die Punkte bzw. Reflexionen können aber generell auch einzeln an geeigneten Orten durch Aufstrahlung erzeugt werden.

[0032] Vor der tatsächlichen Behandlung nimmt der Behandelnde ganz einfach den Lichtstrahler 1 in die Hand und fährt mit dem Lichtstrahl 2 eine zeitlang über die Gesichtsoberfläche. Für das Kamerasytem entstehen dabei wegen der schnell aufeinanderfolgenden Aufnahme von Einzelbildern jeweils hintereinander angeordneten Lichtreflexionen 3, deren Lichtweg für einen Punkt mit der Strichpunktlinie 7 in der Zeichnung dargestellt ist. Die beiden Kameras können die Lage des Lichtreflexes im Raum dreidimensional erfassen und das Computersystem 9 kann aus den Daten der erfassten Lichtmarkierungen dann die Lage von der Oberfläche des Gesichtes zugeordneten Punkten ermitteln.

[0033] Im Computer sind die Daten einer Scan-Erfassung für den Patientenkopf gespeichert, und damit auch die Daten für die Gesichtsoberfläche. Der Computer ermittelt nun mit Hilfe eines Matching-Verfahrens laufend, ob ihm die Anzahl der Bildpunkte aus der Referenzierung mittels des Lichtstrahles schon genügt, um die erfassten Oberflächenpunkte der Oberfläche zuzuordnen bzw. damit in Deckung zu bringen, wie sie ihm aus dem Scan-Datensatz bekannt ist. Wenn hierbei eine ausreichende Übereinstimmung vorhanden ist, wird ein akustisches und/oder optisches Signal ausgegeben, das

dem Behandelnden anzeigt, dass die Referenzierung erfolgreich abgeschlossen ist.

[0034] Die erzeugten Bildpunkte 3 ersetzen also aufgeklebte oder anders angebrachte Markierungen, wie sie bisher separat verwendet wurden. Durch die Vielzahl der erhaltenen Lichtbildpunkte 3 ist es möglich, eine sehr genaue Referenzierung vorzunehmen.

[0035] Weiterhin ist in der Figur schematisch dargestellt, dass sich an dem Patientenkopf in fester Positionierung noch ein Referenzadapter 10 befindet. Dieser Adapter weist drei Reflektoren auf, deren Position ebenfalls von den Kameras 5, 6 verfolgt werden kann. Wenn es nunmehr nötig ist, den Kopf des Patienten während der Referenzierung zu drehen oder die Kameras 5, 6 zu bewegen, um beispielsweise Kameraschatten hinter einem Nasenflügel zu eliminieren, wird die Relativbewegung mit Hilfe des Adapters 10 verfolgt und bei der Referenzierung mit eingerechnet, so dass es nicht zu Erfassungsfehlern kommt.

[0036] Wie schon vorher erwähnt, kann der Lichtstrahler 1 zusätzlich zu dem unsichtbaren Lichtstrahl 2 noch einen sichtbaren Lichtstrahl in derselben Richtung und mit demselben Focus abstrahlen, um es dem Behandelnden zu gestatten, die erzeugten Lichtpunkte optisch zu verfolgen und Einstrahlungen in die Augen zu vermeiden.

[0037] Das erfindungsgemäße Referenzierungssystem ist bei allen Behandlungsmethoden einsetzbar, die eine bildunterstützte Operationstätigkeit mit einbeziehen. Dies gilt sowohl für chirurgische Eingriffe als auch für Bestrahlungsbehandlungen. Die Referenzierung kann für Trackingsysteme mit passiven Markeranordnungen ebenso eingesetzt werden wie für solche mit aktiv abstrahlenden Markern, wie sie zum Beispiel zur Verfolgung von medizinischen Instrumenten verwendet werden. Obwohl bisher meist davon gesprochen wurde, die Lichtmarkierungen mittels des Lichtstrahles auf der Hautoberfläche des Patienten zu erzeugen, ist es im Rahmen der Erfindung durchaus denkbar, auf diese Weise beispielsweise schon zur Behandlung freigelegte Knochenstrukturen zu referenzieren, etwa freigelegte Schädelknochenabschnitte bzw. Wirbelsäulenteile.

45 Patentansprüche

1. Verfahren zur Referenzierung bzw. Registrierung eines Patienten bzw. eines Körperteils eines Patienten in einem kameragestützten, medizinischen Navigationssystem mit den folgenden Schritten:

- das zu referenzierende Körperteil des Patienten wird in den Erfassungsbereich eines durch mindestens zwei Kameras (5, 6) unterstützten Navigationssystems gebracht, welches computergestützt die dreidimensionalen Raumpositionen von Lichtmarkierungen (3) erfasst,
- mittels eines Lichtstrahles (2) werden auf der

Oberfläche des zu referenzierenden Körperteils Lichtmarkierungen (3) erzeugt, deren dreidimensionale Position von dem kameragestützten Navigationssystem bestimmt wird, - mittels der Positionsdaten für die Lichtmarkierungen (3) wird die Raumlage der Oberfläche des zu referenzierenden Körperteils bestimmt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Raumlage der Oberfläche einem zuvor mit einem bildgebenden Verfahren erstellten Bilddatensatz für das Körperteil, insbesondere einem CT-, MRI(Kernspintomographie)-, PET-, SPECT-, Röntgen- oder Ultraschallscan-Datensatz zugeordnet wird, um die Bilddaten dieses Datensatzes aktuell zu referenzieren.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem der Lichtstrahl ein Strahl unsichtbaren Lichtes, insbesondere Infrarotlichtes ist, wobei die Kameras (5, 6) auf die Erfassung von Reflexionen für dieses Licht eingestellt sind.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem der Lichtstrahl ein Laserlichtstrahl ist.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, bei dem durch einen zweiten Lichtstrahl aus sichtbarem Licht, der im Wesentlichen auf denselben Zielbereich gerichtet ist, wie der unsichtbare Referenzierungslichtstrahl (2) eine sichtbare Lichtreflexion auf der Oberfläche erzeugt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem der zweite Lichtstrahl ein sichtbarer Laserstrahl ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, bei dem die beiden Lichtstrahlen mit einer einzigen, zwei nebeneinanderliegenden oder zwei ineinanderliegenden Lichtquellen erzeugt werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem mit dem Referenzierungslichtstrahl (2) auf der Oberfläche nacheinander mehrere Lichtmarkierungen erzeugt werden, während laufend die Position der erzeugten Lichtmarkierungen (3) erfasst wird, und zwar insbesondere so lange bis eine ausreichende Anzahl von Positionsdaten zur Bestimmung der Raumlage aufgenommen wurde.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem entweder die Kameraanordnung oder das zu referenzierende Körperteil während der Referenzierung so bewegt wird, dass Kamerashatten eliminiert werden, wobei eine Relativbewegung von Körperteil und Kameraanordnung mittels einer positionsfest gegenüber dem Körperteil angeordneten Markierungsanordnung (10) im Navigationssystem verfolgt wird.

10. Vorrichtung zur Referenzierung bzw. Registrierung eines Patienten bzw. eines Körperteils eines Patienten mit einem durch mindestens zwei Kameras (5, 6) unterstützten medizinischen Navigationssystem, welches computergestützt die dreidimensionalen Raumpositionen von Lichtmarkierungen (3) in einem Erfassungsbereich erfasst, und einem Mittel zur Erzeugung von Lichtmarkierungen (3) auf der Oberfläche des zu referenzierenden Körperteils, deren dreidimensionale Raumposition von dem kameragestützten Navigationssystem bestimmt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mittel zur Erzeugung der Lichtmarkierungen (3) ein Lichtstrahler (1) ist, der als Lichtmarkierungen Lichtreflexionen auf der Oberfläche erzeugt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lichtstrahler (1) ein Strahler für unsichtbares Licht, insbesondere Infrarotlicht ist, wobei die Kameras (5, 6) auf die Erfassung von Reflexionen für dieses Licht eingestellt sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lichtstrahler (1) ein Laserlichtstrahler ist.

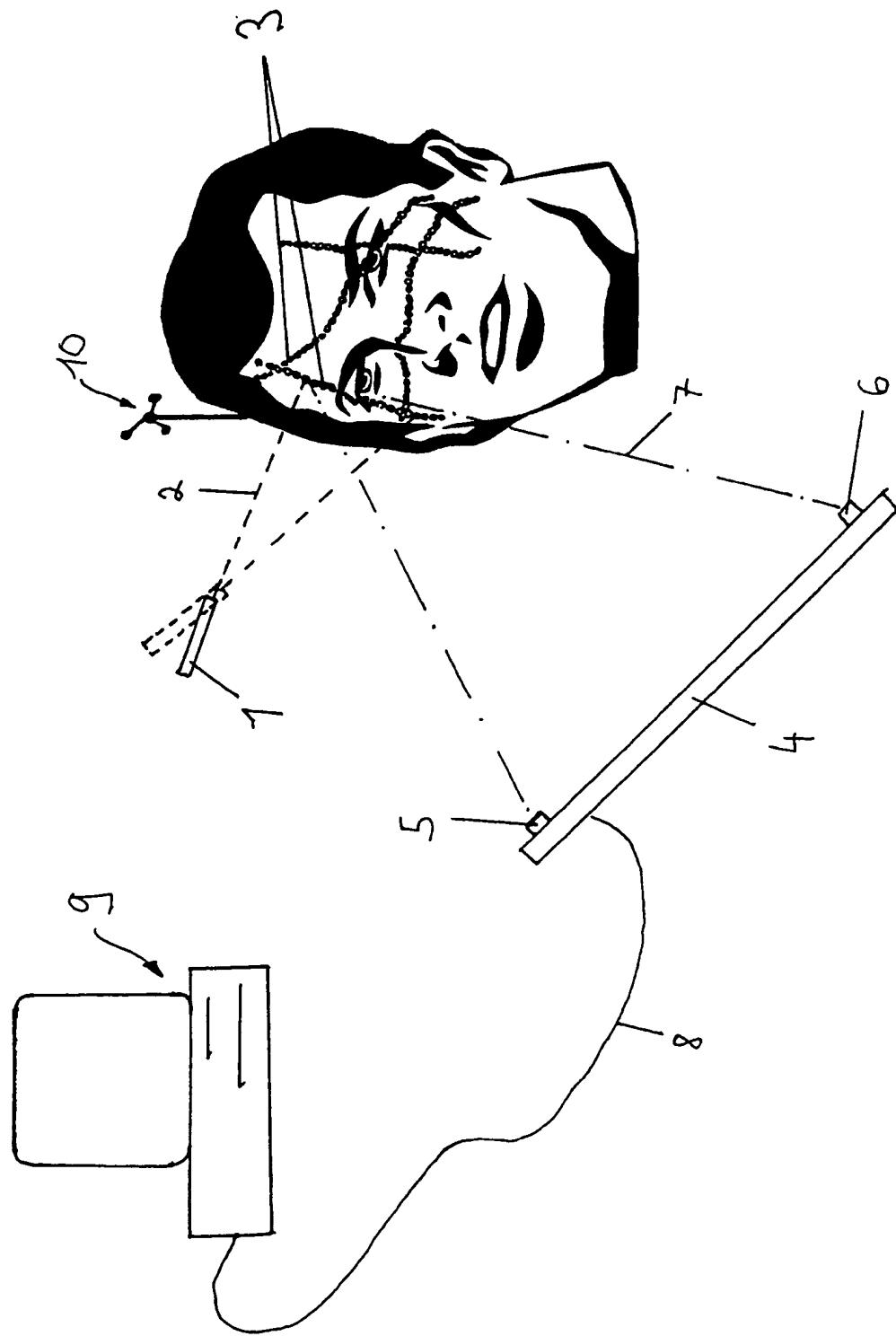
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lichtstrahler (1) einen zweiten Lichtstrahl aus sichtbarem Licht abstrahlt, der im Wesentlichen auf denselben Zielbereich gerichtet ist, wie der unsichtbare Referenzierungslichtstrahl, wobei zusätzlich eine sichtbare Lichtreflexion auf der Oberfläche erzeugt wird.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Lichtstrahler einer für sichtbares Laserlicht ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtquellen für die beiden Lichtstrahlen in einer einzigen Lichtquelle vereint sind, zwei nebeneinanderliegende oder zwei ineinanderliegende Lichtquellen sind.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ferner eine positionsfest gegenüber dem Körperteil angeordnete Markierungsanordnung (10) umfasst, mittels der eine Relativbewegung zwischen dem zu referenzierenden Körperteil und der Kameraanordnung zur Eliminierung von Kamerashatten bei der Referenzierung verfolgt wird.

Fig. 1





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 00 10 7088

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE															
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieb Anspruch	KLASSEIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.CI.)												
X	US 6 006 126 A (COSMAN ERIC R) 21. Dezember 1999 (1999-12-21) * Spalte 17, Zeile 7 – Spalte 18, Zeile 33; Abbildungen 10A-C * * Spalte 28, Zeile 57 – Spalte 29, Zeile 24; Abbildung 21 *	1-16	A61B19/00												
X	US 5 851 183 A (BUCHOLZ RICHARD D) 22. Dezember 1998 (1998-12-22) * Spalte 9, Zeile 35 – Spalte 11, Zeile 12; Abbildung 3D *	1,10													
A	US 4 597 380 A (RAIF JOSHUA ET AL) 1. Juli 1986 (1986-07-01) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	5-7, 13-15													
A	WO 91 04711 A (DIADIX SA) 18. April 1991 (1991-04-18) * Seite 13, Zeile 26 – Seite 14, Zeile 12; Abbildungen 1,4 *	5-7, 13-15													
A	WO 99 38449 A (COSMAN) 5. August 1999 (1999-08-05) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1,10	RECHERCHIERTE SACHGEIMETE (Int.CI.) A61B												
A,D	DE 196 39 615 A (BRAINLAB MED COMPUTERSYST GMBH) 9. April 1998 (1998-04-09) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1,10													
<p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Recherchenort</td> <td style="width: 33%;">Abschlußdatum der Recherche</td> <td style="width: 33%;">Prüfer</td> </tr> <tr> <td>DEN HAAG</td> <td>20. Juni 2000</td> <td>Moers, R</td> </tr> <tr> <td colspan="3"> KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichttechnische Offenbarung P : Zwischenliteratur </td> </tr> <tr> <td colspan="3"> T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patendokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument B : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument </td> </tr> </table>				Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	DEN HAAG	20. Juni 2000	Moers, R	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichttechnische Offenbarung P : Zwischenliteratur			T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patendokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument B : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer													
DEN HAAG	20. Juni 2000	Moers, R													
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichttechnische Offenbarung P : Zwischenliteratur															
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patendokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument B : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument															



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 00 10 7088

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieb Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.)
X	US 6 006 126 A (COSMAN ERIC R) 21. Dezember 1999 (1999-12-21) * Spalte 17, Zeile 7 – Spalte 18, Zeile 33; Abbildungen 10A-C * * Spalte 28, Zeile 57 – Spalte 29, Zeile 24; Abbildung 21 *	1-16	A61B19/00
X	US 5 851 183 A (BUCHOLZ RICHARD D) 22. Dezember 1998 (1998-12-22) * Spalte 9, Zeile 35 – Spalte 11, Zeile 12; Abbildung 3D *	1,10	
A	US 4 597 380 A (RAJF JOSHUA ET AL) 1. Juli 1986 (1986-07-01) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	5-7, 13-15	
A	WO 91 04711 A (DIADIX SA) 18. April 1991 (1991-04-18) * Seite 13, Zeile 26 – Seite 14, Zeile 12; Abbildungen 1,4 *	5-7, 13-15	
A	WO 99 38449 A (COSMAN) 5. August 1999 (1999-08-05) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1,10	RECHERCHIERTE SACHGEBAUER (Int.Cl.) A61B
A,D	DE 196 39 615 A (BRAINLAB MED COMPUTERSYST GMBH) 9. April 1998 (1998-04-09) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1,10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Rechercheort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	20. Juni 2000	Moers, R	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument		
O : nichttechnische Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument		
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentamilie, übereinstimmendes Dokument		